

# ODPORNOŚĆ NA KOROZJĘ WŻEROWĄ DRUTÓW PROWADZĄ- CYCH STOSOWANYCH W ENDOUROLOGII

JOANNA PRZONDZIOŃ<sup>1\*</sup>, WITOLD WALKE<sup>2</sup>, ANNA SOŁTYSEK<sup>3</sup>,  
AGNIESZKA GRABIWODA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> POLITECHNIKA ŚLĄSKA W KATOWICACH,  
KATEDRA MODELOWANIA PROCESÓW I INŻYNIERII MEDYCZNEJ,

<sup>2</sup> POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH,  
INSTYTUT MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH I BIOMEDYCZNYCH

<sup>3</sup> POLITECHNIKA ŚLĄSKA W KATOWICACH,  
STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE MEDITECH

\* E-MAIL: JOANNA.PRZONDZIOŃ@POLSL.PL

[Inżynieria Biomateriałów, 77-80, (2008), 107-109]

## Wprowadzenie

Szczególne miejsce w urologii klinicznej zajmuje obecnie endourologia. Obejmuje ona zabiegi diagnostyczne i lecznicze wykonywane w obrębie dróg moczowych przy użyciu sprzętu endoskopowego. Zabiegi endourologiczne w dużym stopniu wyeliminowały konieczności operacyjnego (chirurgicznego) dotarcia do narządu (nerki, moczowodu). Istotne znaczenie w prawidłowej realizacji zabiegów mają druty prowadzące o odpowiednich właściwościach mechanicznych oraz odporności na korozję. Badania wykazały, że komercyjne druty prowadzące wytwarzane są ze stali nierdzewnych typu Cr-Ni [1,2]. Ponieważ odporność korozyjna drutu w dużym stopniu zależy od struktury materiału kształtowanej w procesach przeróbki plastycznej i obróbki cieplnej, koniecznym staje się ustalenie wpływu odkształcenia w procesie ciągnięcia na właściwości korozyjne.

Celem pracy było ustalenie odporności na korozję wżerową drutów wykonanych ze stali nierdzewnych typu Cr-Ni w środowisku syntetycznego moczu. Podjęto badania nad określeniem wpływu odkształcenia w procesie ciągnięcia na odporność korozyjną.

## Metodyka badań

Odporność na korozję wżerową oceniano w oparciu o rejestrację krzywych polaryzacji anodowej metodą potencjodynamiczną z wykorzystaniem systemu do badań elektrochemicznych VoltaLab® PGP 201 [3]. Materiałem wyjściowym do badań była walcówka wykonana ze stali X10CrNi18-8 (1.4310) średnicy 5,65 mm w stanie przesyconym. Walcówkę ciągniono do średnicy 1,5 mm. Po każdym ciągu odcinano próbki do badań korozyjnych. Badania realizowano na drutach o powierzchni szlifowanej.

Badania przeprowadzono w alternatywnym roztworze symulującym środowisko moczu człowieka – sztucznej urine o składzie chemicznym przedstawionym w TABELI 1 [4,5]. Oba roztwory A i B wchodzące w skład sztucznego moczu mieszano ze sobą w stosunku 1:1. Roztwór charakteryzował się stężeniem moli jonów chlorkowych w ilości 0,46, a jego pH wynosiło 7,0±0,2.

**TABELA 1. Skład chemiczny roztworu sztucznego moczu.**  
**TABLE 1. Chemical constitution of artificial urine.**

Związek chemiczny Component	Ilość wody destylowanej Amount of distilled water [g/l]
Roztwór A / Solution A	
CaCl <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	1,765
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,862
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	1,462
NH <sub>4</sub> Cl	4,643
KCl	12,130
Roztwór B / Solution B	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	2,660
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,869
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Na <sub>3</sub> O <sub>7</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1,168
NaCl	13,545

# PITTING CORROSION RESISTANCE OF WIRES USED IN ENDOUROLOGY

JOANNA PRZONDZIOŃ<sup>1\*</sup>, WITOLD WALKE<sup>2</sup>, ANNA SOŁTYSEK<sup>3</sup>,  
AGNIESZKA GRABIWODA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SILESIAŃ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN KATOWICE,  
DEPARTMENT OF PROCESS MODELLING AND MEDICAL ENGINEERING

<sup>2</sup> SILESIAŃ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN GLIWICE,  
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS

<sup>3</sup> SILESIAŃ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN KATOWICE,  
STUDENT RESEARCH GROUP MEDITECH

\* E-MAIL: JOANNA.PRZONDZIOŃ@POLSL.PL

[Engineering of Biomaterials, 77-80, (2008), 107-109]

## Introduction

Endourology takes a specific place in clinical urology nowadays. It includes diagnostic and curative treatments performed within the area of the urinary tract by means of endoscopic equipment. These treatments in great part have eliminated necessity of surgical access to organ (kidney, ureter). Substantial meaning in treatments' correct realization have guide wires with required mechanical properties and corrosion resistance. Investigations proved, that commercial guide wires are produced from stainless steel Cr-Ni type [1,2]. Because of the fact, that corrosion resistance heavily depends on material structure, which is formed in metalforming processes and heat treatments, assignment of influence of the deformation in drawing process on corrosive properties is essential.

The aim of the work was to determine pitting corrosion resistance of wires made of stainless steel Cr-Ni type in artificial urine. The study about description of influence of deformation in drawing process on corrosion resistance was undertaken.

## Research method

The pitting corrosion resistance was estimated by recording of anodic polarization curves in potentiodynamic method with making use of the VoltaLab® PGP 201 system for electrochemical tests [3]. Raw material for investigation was solutioned wire rod made of X10CrNi18-8 (1.4310) steel with diameter of 5,65 mm. Wire rod was drawn up to diameter of 1,5 mm. After each draw samples for corrosion test were cut off. Investigations were made with grounded wires.

Tests were carried out in alternative solution, which simulates humans urine environment – artificial urine, which chemical constitution is given in TABLE 1 [4,5]. Both component solutions A and B were mixed in 1:1 proportion. Solution featured with chloride ionic concentration in the amount of 0,46 and pH 7,0±0,2. Research began with determination of corrosion potential  $E_{corr}$ , subsequently anodic polarization curves were recorded. The following typical quantities describer pitting corrosion resistance were established: breakdown potential  $E_b$ , repassivation potential  $E_{cp}$ , polarization resistance  $R_p$ , corrosion current density  $i_{corr}$  and corrosion rate.

**TABELA 2. Wyniki badań odporności na korozję wżerową drutów ze stali 1.4310.**  
**TABLE 2. Results of pitting corrosion resistance of wires made of 1.4310 steel.**

Średnica drutu d Diameter of wire d [mm]	Odształcenie logarytmiczne w procesie ciągnięcia $\epsilon_c$ Logarithmic deformation in drawing process $\epsilon_c$	Potencjał korozyjny	Potencjał przebicia	Opór polaryzacyjny	Gęstość prądu korozyjnego	Szybkość korozji
		$E_{corr}$	$E_{np}$	$R_p$	$i_{corr}$	Corrosion rate
		Corrosion potential $E_{corr}$ [mV]	Breakdown potential $E_b$ [mV]	Polarization resistance $R_p$ [k $\Omega$ cm <sup>2</sup> ]	Corrosion current density $i_{corr}$ [ $\mu$ A/cm <sup>2</sup> ]	Corrosion rate [ $\mu$ m/Year]
5,65	-	+97	+321	334	0,078	0,89
3,0	1,27	+31	+272	324	0,080	0,92
2,0	2,22	+4	+225	303	0,086	0,98
1,5	2,65	-44	+214	244	0,106	1,22

Badania rozpoczynano od wyznaczenia potencjału korozyjnego  $E_{corr}$ , a następnie rejestrowano krzywe polaryzacji anodowej. Ustalono charakterystyczne wielkości opisujące odporność na korozję wżerową, tj.: potencjał przebicia  $E_b$ , potencjał repasywacji  $E_{cp}$ , opór polaryzacyjny  $R_p$ , gęstość prądu korozyjnego  $i_{corr}$ , a także szybkość korozji.

## Wyniki badań

Przeprowadzone badania potencjodynamiczne w sztucznym moczu wykazały zróżnicowaną odporność na korozję wżerową drutów ciągniętych z odkształceniem w zakresie  $\epsilon_c=0+2,65$ . Stwierdzono, że najwyższą odpornością korozyjną charakteryzuje się walcówka, którą przed procesem ciągnięcia poddaje się obróbce cieplnej. Dla stali X10CrNi18-8 obróbką tą jest przesycanie. Realizacja kolejnych ciągów powoduje, że w odkształcanym materiale następuje umocnienie odkształceniowe. Obserwuje się wzrost właściwości wytrzymałościowych, ale także obniżenie charakterystyk korozyjnych drutu.

Wraz ze wzrostem odkształcenia spadkowi uległ potencjał korozyjny, potencjał przebicia oraz opór polaryzacji. Ponadto stwierdzono wzrost gęstości prądu korozyjnego i szybkości korozji. Potencjał korozji obniżył się z wartości  $E_{corr}=+97$  mV (walcówka) do  $E_{corr}=-44$  mV (drut średnicy 1,5 mm). Potencjał przebicia zmalał z  $E_{np}=+321$  mV (walcówka) do  $E_{np}=+214$  mV (drut średnicy 1,5 mm), a opór polaryzacyjny z  $R_p=334$  k $\Omega$ cm<sup>2</sup> (walcówka) do  $R_p=244$  k $\Omega$ cm<sup>2</sup>. Gęstość prądu korozyjnego wzrosła z 0,078  $\mu$ A/cm<sup>2</sup> do 0,106  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>. Analogiczną tendencję zauważono w przypadku szybkości korozji, która wzrosła z wartości 0,89  $\mu$ m/rok do 1,22  $\mu$ m/rok.

Wybrane wyniki badań korozyjnych drutów podano w TABELI 2. Na RYS. 1 pokazano przykładowe krzywe polaryzacji anodowej.

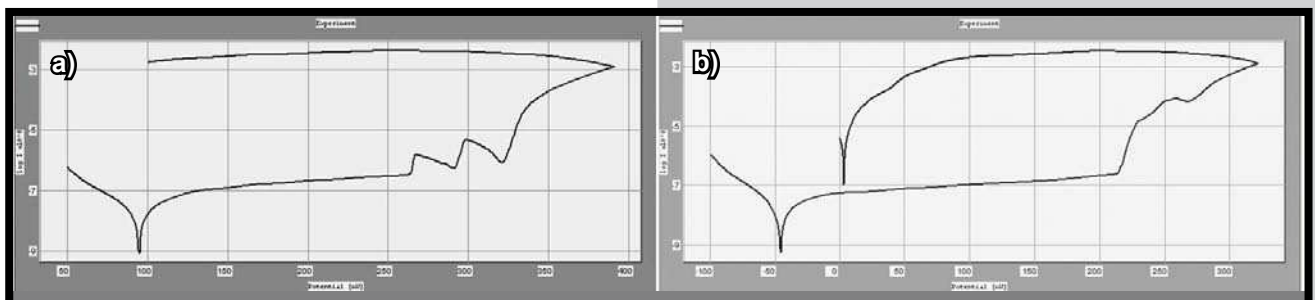
## Results

Carried out potentiodynamic tests performed in artificial urine proved differential pitting corrosion resistance of wires drawn with deformation in range  $\epsilon_c=0+2,65$ . Selected results of corrosion tests are given in a TABLE 2. The FIGURE 1. shows exemplary anodic polarization curves.

It was affirmed, that the highest corrosion resistance has wire rod, which is subjected to heat treatment before drawing process. For X10CrNi18-8 steel it is solutioning. Realization following draws effects, that in deformed material deformation strain takes place. Growth of mechanical properties is observed, as well as decrease of wire corrosion characteristics.

Alongside with growth of deformation corrosion potential underwent decrease, breakdown potential and corrosion resistance. Moreover growth of corrosion current density and corrosion rate was stated. Corrosion potential went down from value  $E_{corr}=+97$  mV (wire rod) to  $E_{corr}=-44$  mV (wire with diameter of 1,5 mm). Breakdown potential decreased from  $E_{np}=+321$  mV (wire rod) to  $E_{np}=+214$  mV (wire with diameter of 1,5 mm), while polarization resistance from  $R_p=334$  k $\Omega$ cm<sup>2</sup> (wire rod) to  $R_p=244$  k $\Omega$ cm<sup>2</sup> (wire with diameter of 1,5 mm). Corrosion current density grew up from 0,078  $\mu$ A/cm<sup>2</sup> to 0,106  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>. Analogical tendency was observed in corrosion rate case, which increased from value 0,89  $\mu$ m/year to 1,22  $\mu$ m/year.

Selected results of corrosion tests are given in a TABLE 2. The FIGURE 1 shows exemplary anodic polarization curves.



**RYS. 1. Krzywa polaryzacji anodowej zarejestrowana dla drutu średnicy: a) 5,65 mm; b) 1,5 mm.**  
**FIG. 1. Anodic polarization curves recorded for wires with diameter of: a) 5,65 mm; b) 1,5 mm.**

## Podsumowanie

Badania potencjodynamiczne drutów wykonanych ze stali nierdzewnej X10CrNi18-8 pozwoliły na ustalenie ich odporności na korozję elektrochemiczną w środowisku sztucznego moczu. Analiza porównawcza krzywych polaryzacji anodowej wykazała, że na powierzchni wszystkich badanych drutów wystąpiła korozja wżerowa.

Zrealizowane prace mają bezpośredni efekt aplikacyjny, gdyż łączą proces technologiczny wytwarzania drutów prowadzących dla endourologii z ich właściwościami korozyjnymi. Stwierdzono, że odkształcenie zadawane w procesie ciągnięcia powoduje obniżenie charakterystyk korozyjnych drutów. Wraz ze wzrostem odkształcenia zmalał potencjał korozyjny, potencjał przebicia oraz opór polaryzacji. Zwiększeniu uległy gęstość prądu korozyjnego i szybkość korozji. Ze względu na to, że druty prowadzące powinny charakteryzować się odpowiednimi właściwościami mechanicznymi [6], co osiągnąć jest na drodze umocnienia odkształceniowego podczas obróbki plastycznej na zimno, nie istnieją możliwości wpływania na odporność na korozję wżerową poprzez zmianę odkształcenia. Poprawę charakterystyk korozyjnych drutów można osiągnąć metodami inżynierii powierzchni.

Na odporność korozyjną wpływa sposób przygotowania powierzchni drutów. Przeprowadzone badania dotyczyły drutów o powierzchni szlifowanej. W następnym etapie prowadzone będą pomiary na drutach elektrolitycznie polerowanych oraz polerowanych i pasywowanych. Jest to bardzo istotne zagadnienie, gdyż obecność jonów chlorkowych w roztworze sztucznego moczu może być przyczyną czy to zaniku właściwości pasywnych, czy wręcz uniemożliwić utworzenie warstw pasywnych na powierzchni drutów. Nieodzownym staje się wówczas zastosowanie powłok ochronnych.

## Summary

Potentiodynamic tests of wires made of stainless steel X10CrNi18-8 allowed to establish electrochemical corrosion resistance in artificial urine environment. Comparative analysis of anodic polarization curves proved, that on the surface of all tested wires pitting corrosion occurred.

Realized studies have direct application influence, because they combine technological process of guide wires for endourology manufacturing together with their corrosion properties. It was affirmed, that deformation applied in drawing process causes in decrease of wires' corrosion characteristics. Alongside with growth of deformation size corrosion potential, breakdown potential and polarization resistance have diminished. Values of corrosion current density and corrosion rate have enlarged. Because of the fact, that guide wires should have appropriate mechanical properties [6], what is accomplished on strain hardening way during cold metalforming, there is no possibility to influence on pitting corrosion resistance through changing deformation size.

On corrosion resistance influence the way of preparation wires surfaces. Carried out tests concerned ground wires. The following step will be to measure wires with electrolytic polished and polished and passivated surfaces. It is significant problem, because presence of chloride ions in artificial urine solution can be a reason of atrophy of passivity properties, or downright disable to create passive layers on wires surface. Application protective coats is then indispensable.

## Piśmiennictwo

- [1] Sołtysek A., Kulak K., Przondziona J.: Properties of Guide Wires used in Endourology. 15. International Students' Day of Metallurgy, Freiberg, 13-15 marca 2008, s. 17-21.
- [2] Sołtysek A., Przondziona J., Szala J., Kawecki J.: Właściwości drutów stosowanych w zabiegu nefrostomii. Inżynieria Biomateriałów (Engineering of Biomaterials), 10, 2008, Nr 73, s. 10-12.
- [3] Zajt T.: Metody woltamperometryczne i elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna. Wyd. Gdańskie Sp. z o.o., Gdańsk 2001.

## References

- [4] Kajzer W.: Kształtowanie własności mechanicznych i fizykochemicznych stentów urologicznych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2007 (nie publikowana).
- [5] Kajzer W., Marciniak J.: Experimental and numerical analysis of urological stents. Arch. Mater. Sci. Eng., 28, 2007, Nr 5, s. 297-300.
- [6] Grzegorzczak E., Krybus J., Mielnik K., Młoczek B., Sołtysek A., Szula A., Przondziona J., Szala J., Kawecki J.: Właściwości drutów stalowych stosowanych w endourologii. Hutnik – Wiadomości Hutnicze. 74, 2007, Nr 1-2, s. 21-23